

件合親 2000-391386

jc997 U.S. PRO
10/025465
12/26/01

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月日
Date of Application: 2001年 3月 21日

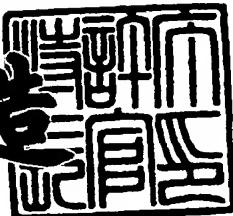
出願番号
Application Number: 特願2001-081184

出願人
Applicant(s): 日本電気株式会社

2001年11月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3097530

【書類名】 特許願
【整理番号】 47500419
【提出日】 平成13年 3月21日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G02B 6/10

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
【氏名】 神戸 俊之

【特許出願人】

【識別番号】 000004237
【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100071526

【弁理士】

【氏名又は名称】 平田 忠雄

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-391386
【出願日】 平成12年12月22日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 038070
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9715180
【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路デバイス及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、

前記基板内に設けられた少なくとも1本の光導波路と、

前記基板上の前記光導波路の近傍又は上部に設けられると共に酸化物を含んだ導電性の第1の薄膜層と、

前記第1の薄膜層に積層され、酸化された状態で酸性又は中性を示すと共に導電性の第2の薄膜層を備えることを特徴とする光導波路デバイス。

【請求項2】 前記第1の薄膜層は、酸化インジウム(ITO)を含むことを特徴とする請求項1記載の光導波路デバイス。

【請求項3】 前記第2の薄膜層は、クロムを含むことを特徴とする請求項1記載の光導波路デバイス。

【請求項4】 前記第1の薄膜層及び前記第2の薄膜層は、少なくとも一方の露出面に保護膜が形成されていることを特徴とする請求項1記載の光導波路デバイス。

【請求項5】 前記第2の薄膜層は、中性を示す導電性の第3の薄膜層が表面に形成されていることを特徴とする請求項1記載の光導波路デバイス。

【請求項6】 前記第3の薄膜層は、金を含むことを特徴とする請求項5記載の光導波路デバイス。

【請求項7】 前記第1の薄膜層、前記第2の薄膜層及び前記第3の薄膜層から成る電極は、その露出面の全域に保護膜が形成されていることを特徴とする請求項1記載の光導波路デバイス。

【請求項8】 前記基板は、ニオブ酸リチウム(LiNbO₃)基板により構成され、

前記光導波路は、所定の間隔により2つのマッハツエンダ型方向性結合器が形成され、更にこれら方向性結合器の間に位相シフト器が形成されるように前記ニオブ酸リチウム基板上に配設され、

前記第1の薄膜層及び前記第2の薄膜層を含む構成の電極は、前記位相シフト

器に配設され、前記電極に印加された電圧に応じた電界が前記光導波路に付与されることにより可変光減衰器として機能することを特徴とする請求項1記載の光導波路デバイス。

【請求項9】 LN(ニオブ酸リチウム)基板内に少なくとも1本の光導波路を形成し、

前記光導波路及び前記LN基板の表面にITO膜を形成し、

前記ITO膜上にフォトレジストを形成してパターニングをし、

前記フォトレジストをマスクにして前記ITO膜の不要部分をエッティングにより除去して前記ITOパターンを形成し、

前記ITOパターン上のフォトレジストを除去し、

前記ITOパターンの表面及び前記基板の露出面に前記ITO膜よりも膜厚の薄いクロム薄膜を形成し、

前記クロム薄膜にフォトレジストを施し、

前記クロム薄膜の不要部分をエッティングにより除去し、

前記エッティング後に前記クロム薄膜上に残留したフォトレジストを除去することを特徴とする光導波路デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光導波路デバイス及びその製造方法に関し、特に、基板中に形成された光導波路に電極に印加した電圧による電界で光路切替や光減衰などを行う構造にあって、電極の信頼性を高めた光導波路デバイス及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

光導波路デバイスは、集積化等に適しており、また低消費電力化にも適していることから光スイッチや光変調器などへの適用が検討されている。また、近年では、DWDM(Dense Wavelength Devision Multiplexing: 高密度波長多重伝送)の普及に伴い、波長多重時における各波長の光パワーを揃える手段や、伝送路

において任意波長を選択して挿抜する光ADM (Add Drop Multiplexer) の光部品として可変光減衰器の必要性が高まってきている。

【0003】

図4は、可変光減衰器を用いた光ADMの構成例を示す。

この光ADMは、複数のチャンネル（例えば、32チャンネル）を有する光伝送路の途中に設けられ、前記伝送路の途中には、入力側に配置されたデマルチプレクサ (Demultiplexer) 301と出力側に配置されたマルチプレクサ (Multiplexer) 302、及びこれらの間にチャンネル数分の信号処理部が設けられている。この信号処理部の1チャンネル分は、 1×2 光スイッチ303、可変光減衰器304、及び 2×1 光スイッチ305から構成されている。ここでは、1チャンネル分の信号処理部の構成のみを示しているが、他のチャンネルも全て同一構成である。

【0004】

図4における1チャンネル分の信号処理部の構成について説明する。デマルチプレクサ301は、多重化された光信号入力を異なる波長毎に分波し、これを各チャンネルの信号処理部へ送出する。デマルチプレクサ301の出力線の各々には、 1×2 光スイッチ303が接続され、その一方の出力端子はドロップ (Drop) 端子となり、他方の出力端子には可変光減衰器304の入力端子が接続されている。可変光減衰器304には 2×1 光スイッチ305の一方の入力端子が接続され、その他方の入力端子はアド (Add) 端子として用いられる。 2×1 光スイッチ305の出力端子には、マルチプレクサ302の入力端子が接続されている。

【0005】

図4の光ADMは、或る距離をもって敷設された光伝送線路の途中に設けられている。デマルチプレクサ301に入力される多重光信号は不図示の光増幅器で増幅された後、デマルチプレクサ301によって分波される。分波された信号のそれぞれは、 1×2 光スイッチ303の切り替えに応じてドロップされ（外部に取り出され）、或いは、ドロップせずに出力側（可変光減衰器304側）へ送られる。出力側に送られた光信号は、チャンネル毎の出力レベルを合わせるために

、可変光減衰器304による光減衰量の調整が行われる。可変光減衰器304のそれぞれからの光信号は、マルチプレクサ302による合波によって多重光にされ、後段へ出力される。また、 2×1 光スイッチ305がAdd側に切り替えられた場合、アド端から取り込まれた光情報が 2×1 光スイッチ305に入力され、デマルチプレクサ301から取り込まれた多重光信号に合波（Add）される。

【0006】

可変光減衰器304としては、2つの方向性結合器と、この2つの方向性結合器の間に設けた位相シフタからなり、それが小型化および低消費電力化に有利なLiNbO₃（ニオブ酸リチウム：LN）基板上に光導波路を設けた構成、すなわち方向性結合器型マッハツエンダ（MZ）構成による可変光減衰器が実用化されつつある。この方向性結合器型マッハツエンダ構成による可変光減衰器304は、光信号の通る光導波路に電界を加えて基板の屈折率を変化させることにより信号光の減衰量を制御することができる。

【0007】

図5は、従来の光導波路デバイスとしての可変光減衰器の構成を示す。

図5に示す可変光減衰器200は、ニオブ酸リチウム（LiNbO₃）基板（以下、LN基板という）1、このLN基板1上に形成された電極2、この電極2とLN基板1の間に設けられたSiO₂膜3を備えて構成されている。また、電極2の両側のLN基板1の表面近傍には光導波路4a、4bが設けられている。電極2は、LN基板1の表面に設けられたITO（錫を添加した酸化インジウム：Indium Tin Oxide）膜21、このITO薄膜21上に設けられたチタン（Ti）薄膜22、このチタン薄膜22上に設けられた金（Au）薄膜23からなる3層構造がとられている。この電極2には+極性の電圧が、他方の電極（図示せず）には-極性の電圧が印加される。

【0008】

ITO薄膜21は、錫を添加した酸化インジウムであり、90%以上の可視光透過率と、 $10\Omega/\square$ 以下のシート抵抗値をもつ透明電極であり、目合わせずれ（電極2と光導波路4a、4bの位置づれ）により、チタン薄膜22、金薄膜2

3がSiO₂膜3を介して光導波路4a, 4bに近接することで光吸收が生じ、挿入損失が増えるのを防止している。また、チタン薄膜22は、ITO薄膜21と金薄膜23とを接合する接着剤の役割を担っている。金薄膜23は外部との接続に用いられる電極板として機能するものであり、合金化による接着性に優れ、ワイヤボンディングがし易いという性質から選ばれている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来の光導波路デバイスによると、特定の環境下、例えば、高温環境下（例えば、+80℃）で電圧を印加する状況が継続的に行われた場合、チタン薄膜22の酸化物がアルカリを示すため、ITO薄膜21の酸化インジウムと反応してイオン流出が生じ、これによってITO薄膜21が徐々に溶け出し、ついには電極短絡に至ることが判明した。電極短絡が発生することにより、光導波路デバイスの信頼性及び長寿命化は著しく低下する。

【0010】

したがって、本発明の目的は、特定の環境下において電極に電圧を印加しても、電極の劣化や短絡を生じにくくし、信頼性の向上及び長寿命化を図れるようにした光導波路デバイス及びその製造方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記の目的を達成するため、第1の特徴として、基板と、前記基板内に設けられた少なくとも1本の光導波路と、前記基板上の前記光導波路の近傍又は上部に設けられると共に酸化物を含んだ導電性の第1の薄膜層と、前記第1の薄膜層に積層され、酸化された状態で酸性又は中性を示すと共に導電性の第2の薄膜層を備えることを特徴とする光導波路デバイスを提供する。

【0012】

この構成によれば、基板上に設けられた電極が、酸化物を含む導電性の第1の薄膜層と、この第1の薄膜層上に積層され、酸化された状態で酸性又は中性を示す導電性の第2の薄膜層を備えて構成されているため、第1の薄膜層と第2の薄膜層との間には、第1の薄膜層にイオン流出を生じさせるような反応は生ぜず、

電極に電圧を継続的に印加しても電極破壊による電極劣化は生じにくくなり、製品寿命及び信頼性を向上させることができる。

【0013】

本発明は、上記の目的を達成するため、第2の特徴として、LN（ニオブ酸リチウム）基板内に少なくとも1本の光導波路を形成し、前記光導波路及び前記LN基板の表面にITO膜を形成し、前記ITO膜上にフォトレジストを形成してパターニングをし、前記フォトレジストをマスクにして、前記ITO膜の不要部分をエッチングにより除去して前記ITOパターンを形成し、前記ITOパターン上のフォトレジストを除去し、前記ITOパターンの表面及び前記基板の露出面に前記ITO膜よりも膜厚の薄いクロム薄膜を形成し、前記クロム薄膜にフォトレジストを施し、前記クロム薄膜の不要部分をエッチングにより除去し、前記エッチング後に前記クロム薄膜上に残留したフォトレジストを除去することを特徴とする光導波路デバイスの製造方法を提供する。

【0014】

この方法によれば、LN基板上にITO膜を形成した後、このITO膜を所望の形状のITOパターンを得、このITOパターン上にクロム薄膜を形成する際、ITO膜よりも膜厚が薄くなるように設けられ、このクロム薄膜を所望の形状にエッチングすることにより、クロム薄膜の接着性を良好にしながら、電極破壊が生じない構造の電極を備えた光導波路デバイスを得ることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を基に説明する。

本発明の実施の形態を説明する前に、本願に示す光導波路デバイスを発明するに至った経緯について説明する。本発明者は、図5の様な構造の光導波路デバイスの電極に異常（電気的なマイグレーション（migration））が生じる原因について精査したところ、その原因を明らかにすることができた。まず、光導波路デバイスに用いる電極として最適と思われる元素について、〔表1〕のような調査を実施した。その結果、電極劣化の原因をつきとめることができた。その原因是、チタン（Ti）の酸化物であるTiO₂がアルカリ性を示すためであ

り、その発生メカニズムも解明することができた。

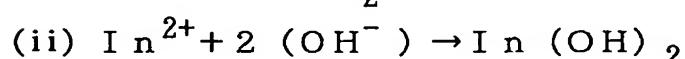
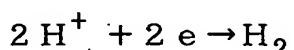
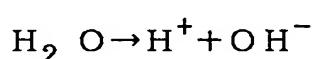
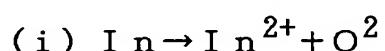
【0016】

【表1】

元素	酸化物に おける作用	密 度 g / m ³	第一イオン 化エネルギ ー eV	共有結合 半径 A	電気陰 性度 eV	融 点 ℃
T i	T i O ₂ : アルカリ性	4.5	6.9	1.32	1.5	1668
A u	A u ₂ O ₃ : 中性	9.3	9.2	1.94	1.7	1063
I n	I n O : (若干) 酸性	7.3	5.8	1.5	2.4	166

【0017】

まず、ITO薄膜21の構成物質であるInO（酸化インジウム）の溶解が、次の化学式で示すように生じる。



この溶解により、イオン移動（イオン流出）が次のように生じる。



さらに、InOの析出が生じる。



【0018】

以上の反応を繰り返しながら、InO及びIn²⁺が陰極へ移動し、陽極（金薄膜23）に向かって成長する。この様にして生じた電極が電極短絡を発生させる。図5の構成においては、チタン薄膜22により生じるチタン酸化物がアルカリ性なため、上記した $\text{In} \rightarrow \text{In}^{2+} + \text{O}^2$ と $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$ の反応が活発になってInまたはInOが成長し、ついには電極短絡に至る。

【0019】

そこで、本発明は、上記の問題を解決すべく、LN基板上に第1及び第2の薄膜層を積層して電極を構成する際、第1の薄膜層は酸化物を含む導電性の薄膜層とし、第2の薄膜層は、酸化された状態で酸性又は中性を示す導電性の薄膜層とした。これにより、第1の薄膜層にイオン流出が発生するのを防止することができた。なお、第2の薄膜層上には、酸化された状態で中性を示す導電性の第3の薄膜層を、電圧印加のための電極板として設けることができる。

【0020】

以下、本発明の実施の形態について図面を基に説明する。

【第1の実施の形態】

図1は、本発明による光導波路デバイスの第1の実施の形態を示す。ここでは、光導波路デバイスの具体例として、本発明の採用に最適な可変光減衰器を示している。

本発明の光導波路デバイス（可変光減衰器100）は、LN基板11、電極12、およびSiO₂膜13を備えて構成されている。SiO₂膜13は、光導波路4a, 4bからの光の吸収を抑えるために設けられているが、無くともよい。LN基板11の表面には、SiO₂（二酸化珪素）膜13が設けられ、このSiO₂膜13上に電極12が設けられている。電極12の両側のLN基板11の表面近傍には、光導波路14a, 14bが設けられている。電極12は、LN基板11の表面に設けられたITO薄膜31、このITO薄膜31上に設けられたク

ロム(Cr)薄膜32、このクロム薄膜32上に設けられた金薄膜33からなる3層構造を有している。クロム薄膜32は、酸化物が若干酸性を示す金属であることが望ましい。

【0021】

ここで、図1の構成の光導波路デバイスの製造方法について説明する。まず、LN基板11の表面近傍に光導波路4a, 4bを形成する。この光導波路4a, 4bは、例えば、所望の導波路のパターンを有するチタン金属膜ストリップを成膜し、さらに結晶中に拡散させることにより形成することができる。ついで、光導波路4a, 4b及びLN基板11の表面に一様にSiO₂膜13を設け、さらに、このSiO₂膜13の表面にITO薄膜をスパッタ法により一定の厚みに形成する。次に、ITO薄膜上にフォトレジストを形成し、パターニング(露光、現像等)を行う。このパターニングされたフォトレジストをマスクにして、ITO薄膜の不要部分をフォトレジストにより除去する。これにより、所望の形状及びサイズのITO薄膜31(ITOパターン)が形成される。ついで、このITO薄膜31上のフォトレジストを除去した後、ITO薄膜31の表面とSiO₂膜13の露出面にクロム薄膜を蒸着等により形成する。このクロム薄膜は、ITO薄膜31よりも薄い厚みに形成する。ついで、クロム薄膜にフォトレジストを施した後、クロム薄膜32として残す部分を除き、他の部分をエッチングにより除去する。これによりクロム薄膜32が形成される。ついで、クロム薄膜32上に残されたフォトレジストを除去する。さらに、クロム薄膜32を形成したときと同様の方法により、クロム薄膜32上に金薄膜33を形成する。

【0022】

クロム薄膜32は、ITO薄膜31との接着性に劣る特性を持っている。しかし、上記したようにクロム薄膜32の膜厚をITO薄膜31よりも薄くすることにより、歪みを低減し、接着性を向上させることができる。この結果、電極の信頼性を上げることが可能になる。

【0023】

ITO薄膜31、クロム薄膜32、及び金薄膜33のそれぞれは、起電力の異なる異種材料の接合による三層構造の電極になるため、微少電池効果による電極

劣化を防ぐことができる。ITO薄膜31は、錫を添加した酸化インジウム(ITO)であり、90%以上の可視光透過率と10Ω/□以下のシート抵抗値を持つ透明電極であり、目合わせずれによりクロム薄膜32、金薄膜33がSiO₂薄膜13を介して導波路に近接することで、挿入損失が増大することを防いでいる。クロム薄膜32は、ITO薄膜31と金薄膜33を接着する接着剤の役割を果たしている。

【0024】

【表2】は、クロム薄膜32の特性を示す。

【表2】

元素	酸化物における作用	密度 g/m ³	第一イオン化エネルギー eV	共有結合半径 A	電気陰性度 eV	融点 ℃
Cr	CrO ₄ ²⁻ :酸性	7.2	6.8	1.17	1.6	1875

【0025】

【表2】に示すように、本実施の形態で使用したクロム薄膜32は、その酸化物であるCrO₄²⁻が酸性を示している。そして、【表1】に示したように、ITOに含まれる酸化インジウム(Indium Oxide)も同じく酸性を示すので、イオン流出の反応を抑圧することができ、結果として電極短絡を防止することができる。したがって、製品寿命及び信頼性が向上する。

【0026】

上記実施の形態においては、クロム薄膜32は酸化物が酸性であるとしたが、イオン流出の反応を生じるアルカリ性以外であればよく、したがって中性でもよい。また、電極12にクロム(Cr)薄膜を用いたが、本発明はクロム薄膜に限定されるものではなく、その酸化物が中性または酸性を示す金属であれば特に限

定されない。さらに、第3層にはAu薄膜を用いたが、これに近い機能（物性）が得られるものであればよく、他の金属を用いても構わない。

【0027】

【第2の実施の形態】

図2は、本発明の光導波路デバイスの第2の実施の形態を示す。

上記したように、イオン流出は、ITO薄膜21上に酸性または中性の金属薄膜を設けることにより防止できるが、さらに、図2の(a)に示すように、図1の構成において、少なくとも第2層のクロム薄膜32の側面にポリイミド、ポリマー、 SiO_2 、 SiN 等による保護膜41を設けることにより、イオン流出の反応の抑圧は更に高められる。或いは、図2の(b)に示すように、ITO薄膜21を窒化膜等による保護膜42で被覆するようにしても同様の効果が得られる。この図2の(a)、(b)に示した保護膜は、図5に示した構造の光導波路デバイスにも適用可能であり、チタン薄膜22の使用に起因して生じていた従来の問題を低減することができる。

【0028】

【第3の実施の形態】

図3は、本発明の光導波路デバイスの第3の実施の形態を示す。

本実施の形態は、電極12が外気に触れ、空気中の酸素と反応することにより酸化し、電極劣化が生じるのを防止するようにしたものである。その手段として、電極12の全体を覆うように保護膜43を設けている。保護膜43として、ポリイミド、 SiO_2 等を用いることができる。

【0029】

上記の説明においては、光導波路デバイスの実施の形態として可変光減衰器を示したが、本発明は可変光減衰器に限定されるものではなく、本発明にかかる電極構造を用いた光部品、例えば、光スイッチ、光変調器等についても適用可能である。

【0030】

【発明の効果】

以上より明らかなように、本発明の光導波路デバイスによれば、基板上に設け

られた電極の構成が、酸化物が酸性を示す第1の薄膜層と、この第1の薄膜層上に設けられると共に酸化された状態で酸性または中性を示す第2の薄膜層を備えるようにしたので、第1層にイオン流出を生じさせる反応は発生せず、電極劣化を生じないようにすることができるため、電極短絡を防止でき、製品寿命や信頼性を向上させることができる。

【0031】

本発明の光導波路デバイスの製造方法によれば、LN基板上にITO膜を形成した後、このITO膜をエッティングにより所望の形状のITOパターンにし、このITOパターン上にクロム薄膜を形成する際、ITO膜よりも膜厚が薄くなるように形成し、このクロム薄膜をエッティングにより所望の形状にするようにしたので、クロム薄膜の接着性を良好にしながら、電極破壊が生じない構造の電極を備えた光導波路デバイスを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の光導波路デバイスの第2の実施の形態を示す斜視図である。

【図2】

本発明の光導波路デバイスの第2の実施の形態を示す断面図である。

【図3】

本発明の光導波路デバイスの第3の実施の形態を示す断面図である。

【図4】

可変光減衰器を用いた光ADMの構成例を示すブロック図である。

【図5】

従来の光導波路デバイスを示す斜視図である。

【符号の説明】

1, 11 LN (ニオブ酸リチウム: LiNbO₃) 基板

2, 12 電極

3, 13 SiO₂ 膜

4a, 4b 14a, 14b 光導波路

21, 31 ITO薄膜

22 チタン薄膜

23, 33 金(Au) 薄膜

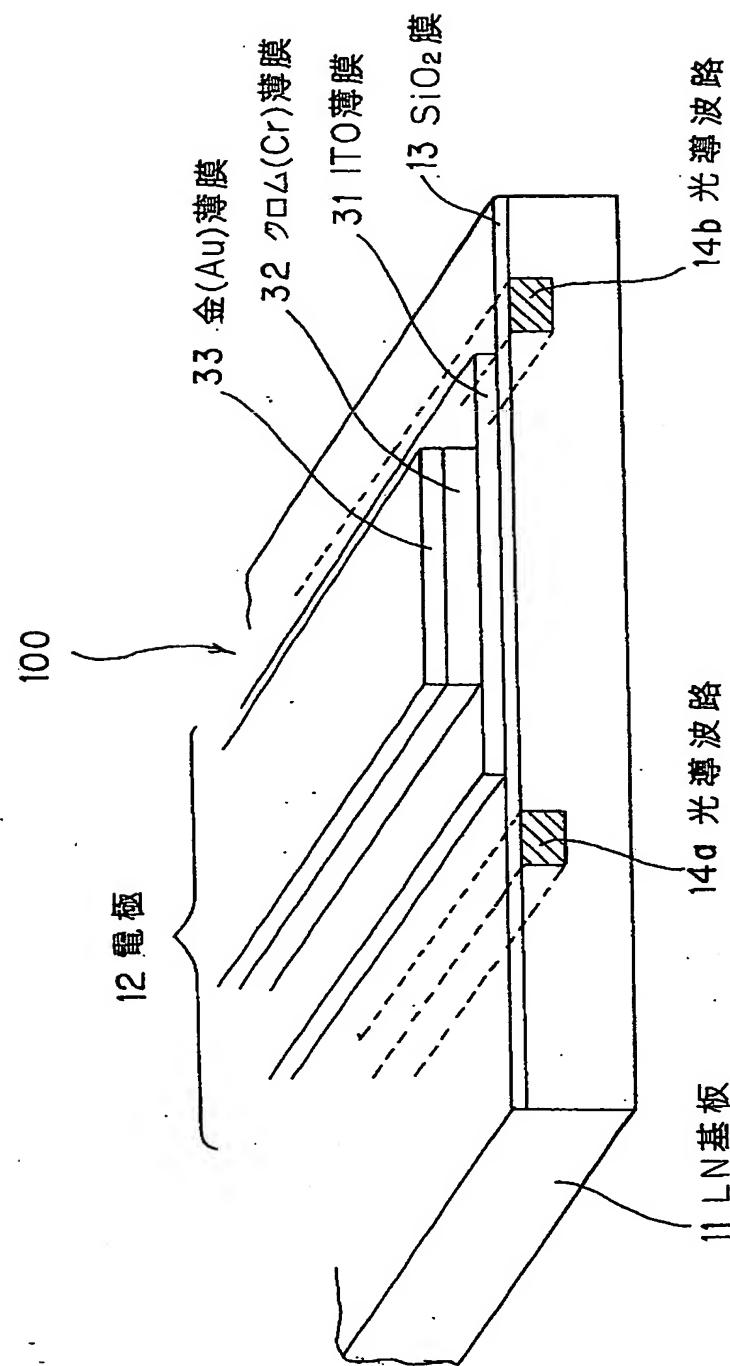
32 クロム(Cr) 薄膜

41, 42, 43 保護膜

100, 200 可変光減衰器

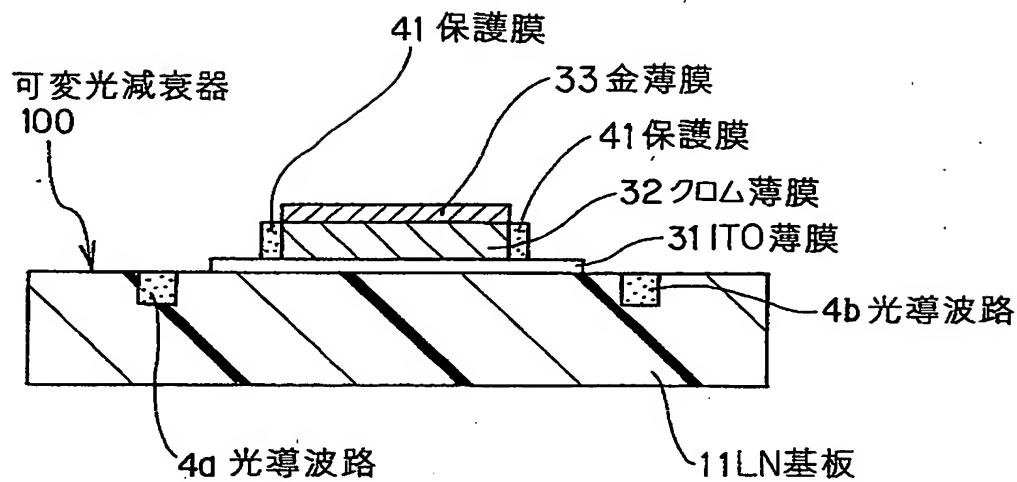
【書類名】 図面

【図1】

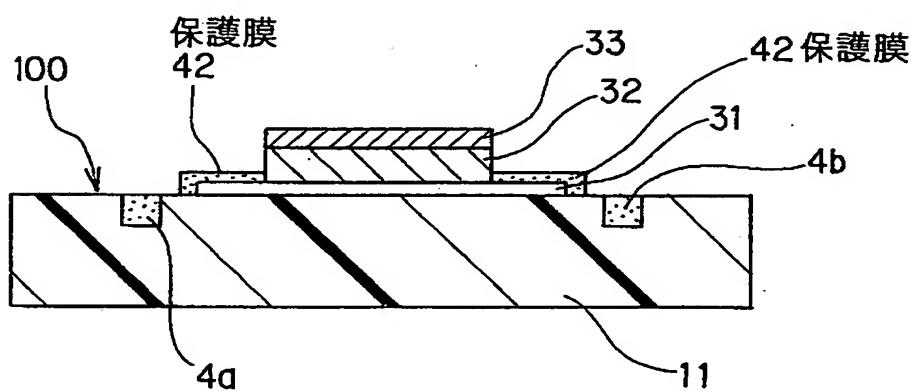


【図2】

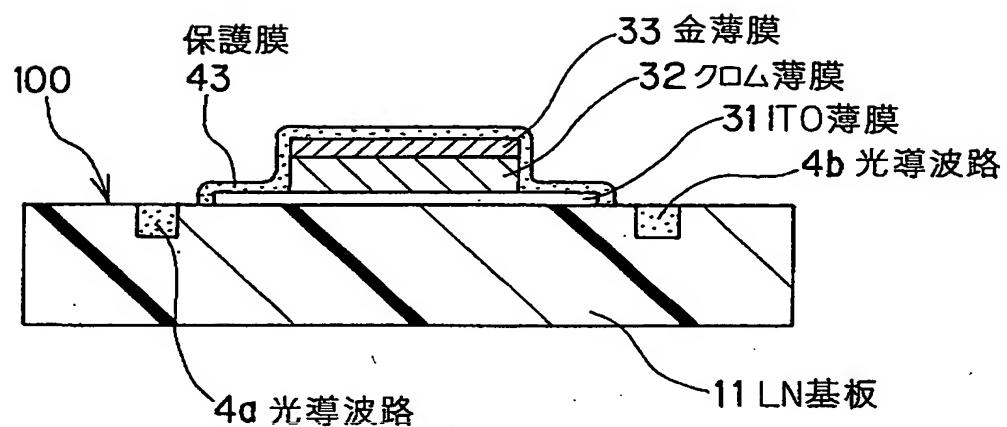
(a)



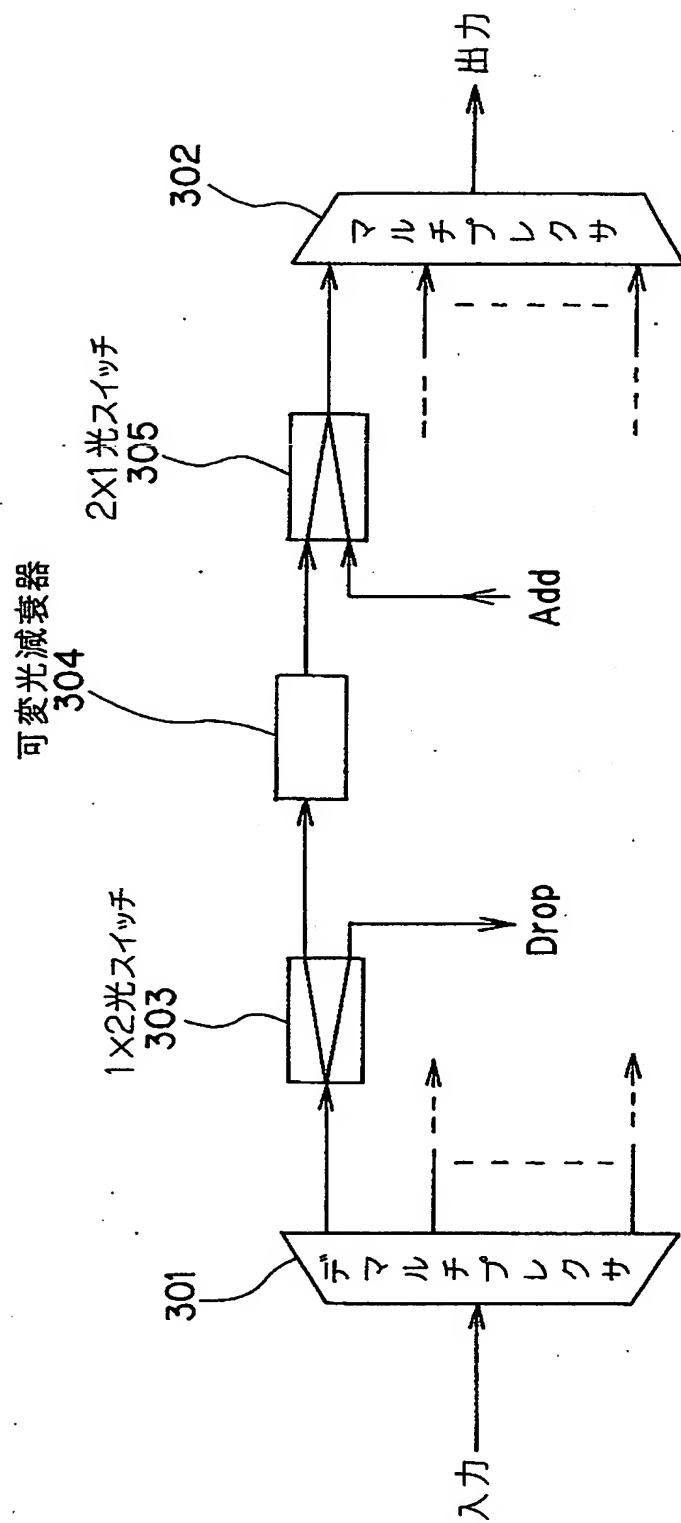
(b)



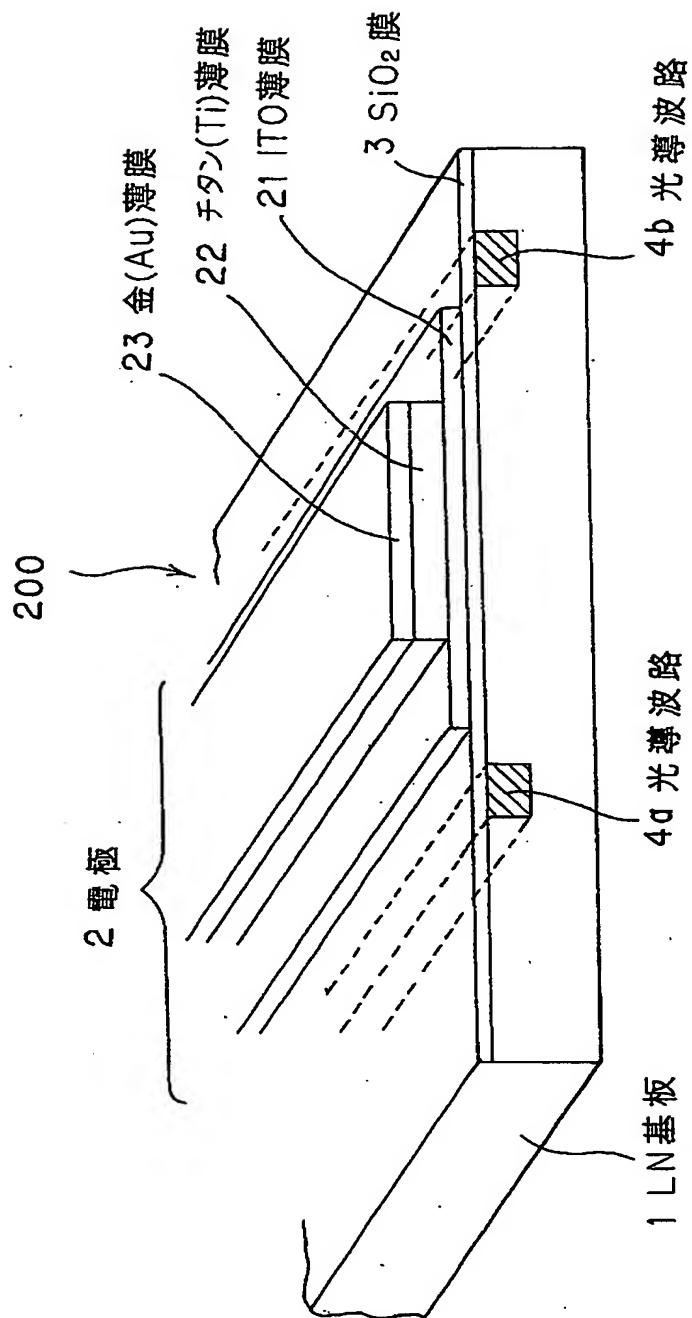
【図3】



【図4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 特定の環境下において電極に電圧を印加しても、電極の劣化や短絡を生じにくくし、信頼性の向上及び長寿命化を図れるようにした光導波路デバイス及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 可変光減衰器100は、ニオブ酸リチウム(LN)基板11上に設けた2本の光導波路14aと14bの間に電極12が形成されており、この電極12に印加する電圧に応じて電界が生じ、屈折率が変化する。電極12は、LN基板11上の所定位置に設けられると共に酸化物を含んだITO薄膜31と、このITO薄膜31上に設けられると共に酸化物が酸性を示すクロム薄膜32とを備えて構成されている。ITO薄膜31とクロム薄膜32は、共に酸化物が酸性を示すためにイオン流出は生じない。よって、電極劣化が生じなくなることで、電極短絡は発生しない。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区芝五丁目7番1号

氏 名 日本電気株式会社